

Liberação de pressão de vias aéreas em pacientes pediátricos submetidos à cirurgia cardíaca

W. B. DE CARVALHO, B.I. KOPELMAN, G. L. GURGUEIRA, J. BONASSA

Trabalho realizado pelo Departamento de Pediatria da Universidade Federal de São Paulo – EPM, São Paulo, SP.

Resumo – OBJETIVO. Comparar três modos de VPM, a ventilação mandatória intermitente com pressão expiratória positiva (VMI+PEEP), a VLPVA e a utilização de pressão positiva contínua em vias aéreas (CPAP) em crianças no pós-operatório de cirurgia cardíaca com hipertensão pulmonar e lesão pulmonar leve ou moderada.

MÉTODOS. Estudados 10 pacientes com monitorização respiratória (Bear Neonatal Volume Monitor-1®), em VPM com aparelho de fluxo contínuo, ciclado a tempo e limitado a pressão. As variáveis cardiocirculatórias analisadas foram a pressão venosa central (PVC), extração de oxigênio (ExtO_2), frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial média (PAM) e a diferença artério-venosa de CO_2 (D(A-V)CO_2). Utilizou-se o teste não-paramétrico de Friedman para comparar as variáveis aferidas nas três modalidades de ventilação e o teste de Wilcoxon para a comparação das variáveis obtidas em duas das modalidades.

RESULTADOS. A pressão média de vias aéreas

(PMVA) apresentou um aumento significativo durante a VLPVA em relação à VMI+PEEP ($p=0,012$). A pressão inspiratória positiva (PIP), o volume minuto e a relação da pressão arterial de O_2 com a fração inspirada de O_2 ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) não mostraram diferença estatística. Houve uma diminuição da frequência respiratória (FR) na VLPVA ($p=0,004$) e um aumento do volume corrente (VC) ($p=0,045$) comparativamente aos outros dois modos de ventilação. A PVC foi a única variável cardiocirculatória que apresentou alteração mostrando ser maior ($p=0,019$) na VLPVA.

CONCLUSÕES. Devido à metodologia empregada, houve um aumento significativo da PMVA na VLPVA, com conseqüente aumento do VC e manutenção das outras variáveis respiratórias e cardiocirculatórias quando comparados os três modos de VPM, indicando ser a VLPVA um método seguro e de fácil aplicação.

UNITERMOS: Ventilação pulmonar mecânica. Respiração artificial. Insuficiência respiratória. Pediatria.

INTRODUÇÃO

Nos pacientes com lesão pulmonar aguda e complacência pulmonar diminuída, a utilização da pressão positiva contínua em vias aéreas (CPAP) está indicada com o objetivo de melhorar a capacidade residual funcional (CRF) e promover uma melhor oxigenação¹². Porém, em determinados pacientes com hipercapnia, somente isto não é suficiente, pois não ocorre melhora da ventilação alveolar e, habitualmente, emprega-se a ventilação pulmonar mecânica convencional com a utilização da ventilação mandatória intermitente (VMI), o que acarreta uma elevação significativa da pressão média das vias aéreas aumentando o risco de barotrauma e/ou volutrauma e o de alterações cardiocirculatórias^{20,11,16}.

Conforme descrito por Stock M. C. e Downs J. B. em 1987, a ventilação com liberação de pressão de vias aéreas (VLPVA) constitui um novo modo de ventilação pulmonar mecânica empregando um fluxo contínuo onde uma pressão positiva é aplica-

da nas vias aéreas (nível de CPAP_2) e periodicamente é liberada para uma pressão menor ou até mesmo para pressão atmosférica, permitindo, com isso, a exalação passiva de ar para níveis de pressão intraalveolar menores (CPAP_1), promovendo a saída de CO_2 e melhorando a ventilação alveolar²³ (Fig. 1).

Este modo de ventilação torna-se possível através de um sistema com uma válvula solenóide que ao ser fechada permite que um fluxo contínuo de gás promova uma pressão positiva contínua em vias aéreas determinada pela resistência da via de saída (válvula de CPAP). Posteriormente, com a abertura da válvula solenóide, durante um intervalo de tempo específico, há uma queda imediata da pressão de via aérea fazendo com que ocorra a exalação⁹ (Fig. 2).

Por ser um método em que a pressão positiva aplicada pode ser menor do que na ventilação convencional, a pressão de vias aéreas gerada será menor, reduzindo os riscos de barotrauma e/ou volutrauma e de alterações cardiocirculatórias

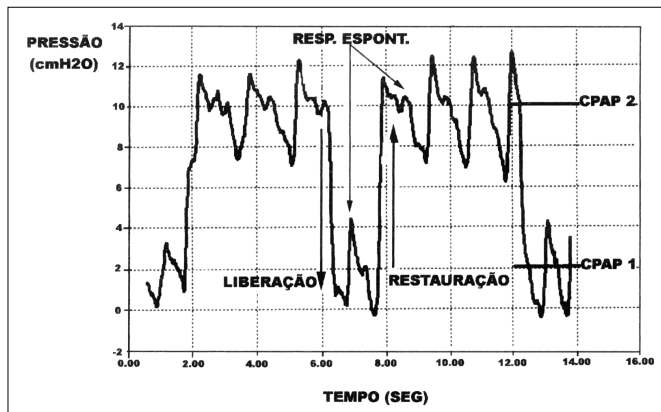


Fig. 1 - Curva de pressão na ventilação com liberação de pressão de vias aéreas.

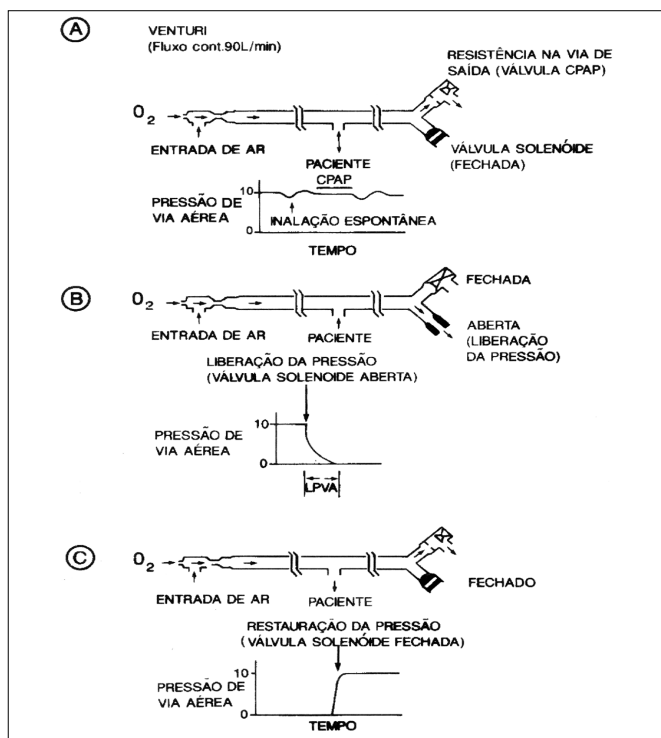


Fig. 2 - Ventilação com liberação de pressão de vias aéreas (VLPVA). (A) Um grande fluxo contínuo de gás contra uma válvula solenóide fechada produz uma pressão positiva contínua em vias aéreas determinada pela resistência na via de saída. (B) A abertura da válvula solenóide durante um intervalo de tempo específico determina uma queda imediata na pressão de via aérea ocorrendo a exalação. (C) O fechamento da válvula solenóide permite uma restituição imediata da pressão de via aérea que retorna para o nível pré-selecionado de CPAP. O nível de pressão é determinado na válvula de CPAP.

importantes^{4,6,17}. Uma vantagem adicional é a de que o paciente consegue manter os ciclos respiratórios espontâneos em ambos os níveis de pressão, permitindo um melhor sincronismo com o aparelho de ventilação pulmonar mecânica e reduzindo

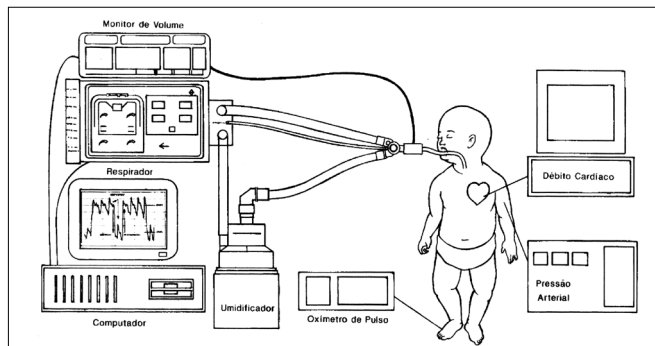


Fig. 3 - Equipamento utilizado durante a aplicação da ventilação com liberação de pressão de vias aéreas.

a necessidade da utilização de sedativos/opioides e relaxantes musculares¹⁰.

O objetivo deste estudo foi comparar três modos de ventilação pulmonar mecânica, a ventilação mandatória intermitente com pressão expiratória final positiva (VMI + PEEP), a VLPVA e a utilização de CPAP em pacientes pediátricos no pós-operatório de correção de cardiopatia congênita com hipertensão pulmonar e lesão pulmonar leve ou moderada, avaliando as variáveis respiratórias e cardiocirculatórias.

MATERIAL E MÉTODO

Foi realizado um estudo prospectivo não-aleatorizado na Unidade de Cuidados Intensivos Pediátrico do Departamento de Pediatria da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP-EPM), no período de novembro de 1991 a dezembro de 1992. Foram incluídos 10 pacientes pediátricos com cardiopatia congênita e hipertensão pulmonar após cirurgia cardíaca com lesão pulmonar leve ou moderada e estabilidade clínica e gasométrica no modo VMI + PEEP (Tabela 1).

Foram excluídos do estudo os pacientes em que não havia comprovação da hipertensão pulmonar por estudo hemodinâmico através de cateterismo e/ou ecocardiograma no pré-operatório ou que apresentassem instabilidade clínica e/ou laboratorial ou lesão pulmonar grave, utilizando os critérios do Consenso Americano-Europeu para diagnóstico de lesão pulmonar aguda¹.

Todos os pacientes foram ventilados utilizando-se um aparelho de ventilação pulmonar mecânica pediátrico, de fluxo contínuo, ciclado a tempo, limitado a pressão e microprocessado (Inter III - Intermed®).

Os pacientes permaneciam durante 15 minutos em cada modo de ventilação e após estabilização eram coletados os dados respiratórios e hemodinâmicos durante três minutos. A seqüência dos modos de

Tabela 1 – Diagnóstico da cardiopatia congênita com hipertensão pulmonar nos pacientes em pós-operatório de cirurgia cardíaca.

Paciente	Sexo	Idade	Peso	Diagnóstico
1	Fem	4 anos	14300 g	Ostio atrioventriculares comunis
2	Fem	4 anos	11000 g	Comunicação interventricular
3	Masc	2 a e 7 meses	9000 g	Comunicação interventricular
4	Masc	7 meses	7300 g	Persistência do canal arterial
5	Fem	2 a e 3 meses	11500 g	Comunicação interventricular
6	Fem	1 ano	7200 g	Transposição das grandes artérias, comunicação interatrial e comunicação interventricular
7	Masc	2 anos	10500 g	Transposição das grandes artérias e comunicação interventricular
8	Masc	7 meses	6300 g	Transposição das grandes artérias e comunicação interatrial
9	Masc	7 anos	16000 g	Comunicação interventricular e Síndrome de Down
10	Fem	2 a e 8 meses	10000 g	Ostio atrioventriculares comunis e insuficiência mitral leve

Tabela 2 – Dados descritivos das variáveis do aparelho de ventilação mecânica em 10 pacientes pediátricos no pós operatório de correção de cardiopatia congênita submetidos a três modalidades de ventilação pulmonar mecânica: a ventilação com liberação de pressão de vias aéreas (VLPVA), ventilação mandatória intermitente com pressão expiratória final positiva (VMI+PEEP) e pressão positiva contínua de vias aéreas (CPAP).

VARIÁVEL	MODO	N	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	DP
FRAP (ciclos/min)		10	8,00	15,00	10,80	2,30
FLUXO (l/min)		10	8,00	14,00	10,80	1,75
PMVA (cmH ₂ O)	VMI	10	3,30	6,10	5,05	0,85
	LPVA	10	3,20	16,00	11,17	3,91
TINSP (seg.)	VMI	10	0,65	0,80	0,72	0,05
	LPVA	10	3,00	5,00	4,25	0,68
TEXP (seg.)	VMI	10	3,20	6,70	5,04	1,04
	LPVA	10	1,00	2,50	1,50	0,41
PIP (cmH ₂ O)	VMI	10	15,00	30,00	18,10	4,56
	LPVA	10	9,00	30,00	16,60	5,80
PD (cmH ₂ O)	VMI	10	2,00	4,00	3,20	0,63
	CPAP	10	2,00	4,00	3,20	0,63

FRAP (Frequência do Aparelho); PMVA (Pressão Média de Vias Aéreas); TINSP (Tempo Inspiratório)
 TEXP (Tempo Expiratório); PIP (Pressão Inspiratória Positiva); PD (Pressão de Distensão)
 VMI (Ventilação Mandatória Intermitente)
 LPVA (Liberação de Pressão de Vias Aéreas)
 CPAP (Pressão Positiva Contínua em Vias Aéreas)

ventilação foi VMI + PEEP, VLPVA e CPAP.

Para a monitorização da frequência respiratória (FR), do volume corrente expirado (VC exp), volume corrente inspirado (VC insp), do volume minuto expirado (VM) e do percentual de escape pela cânula intratraqueal, foi utilizado um monitor de

Tabela 3 – Resultado do teste de Wilcoxon para a pressão média de vias aéreas (PMVA) e Pressão inspiratória positiva (PIP) em 10 pacientes pediátricos no pós-operatório de correção de cardiopatia congênita submetidos a três modalidades de ventilação pulmonar mecânica: a ventilação com liberação de pressão de vias aéreas (VLPVA), ventilação mandatória intermitente com pressão expiratória final positiva (VMI+ PEEP) e pressão positiva contínua de vias aéreas (CPAP).

Variável	Modo	Soma dos Postos	p
PMVA (cmH ₂ O)	VMI	11,0	0,012
	LPVA	19,0	
PIP (cmH ₂ O)	VMI	16,0	0,158
	LPVA	14,0	

volume neonatal (Bear NVM-1®) acoplado ao aparelho de ventilação, que permite a medida dos parâmetros respiratórios através de um sensor de fluxo com espaço morto muito pequeno (1 ± 0,1 ml), o qual não sofre interferência de fluxo de gás alto ou baixo, com o tempo de resposta de um milisegundo. A pressão média das vias aéreas (PMVA) foi calculada através da seguinte fórmula: $PMVA = (PPI - PEEP) \times (ti/ti-te) + PEEP$, onde: pressão positiva inspiratória (PPI), pressão expiratória final positiva (PEEP), tempo inspiratório (ti) e tempo expiratório (te) (Fig. 3).

A saturação arterial de oxigênio (SataO₂) foi monitorizada continuamente por um oxímetro de pulso (Omheda®), a pressão arterial foi mensurada por um monitor não-invasivo (Dixtal®), foi realizada a medida da pressão venosa central (PVC) e coletada gasometria arterial e venosa central para cálculo da extração de oxigênio (Ext O₂) através da fórmula ($Ext O_2 = CaO_2 - CvO_2$ /

Tabela 4 – Dados descritivos das variáveis cardiocirculatórias em 10 pacientes pediátricos no pós-operatório de correção de cardiopatia congênita submetidos a três modalidades de ventilação pulmonar mecânica: a ventilação com liberação de pressão de vias aéreas (VLPVA), ventilação mandatória intermitente com pressão expiratória final positiva (VMI+PEEP) e pressão positiva contínua de vias aéreas (CPAP).

VARIÁVEL	MODO	N	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	DP
FC (bpm)	VMI	10	105,00	160,00	125,10	16,97
	LPVA	10	100,00	154,00	123,40	16,63
	CPAP	10	103,00	154,00	123,10	17,11
PAS (mmHg)	VMI	10	83,00	129,00	103,80	15,24
	LPVA	10	73,00	136,00	96,80	21,96
	CPAP	10	79,00	129,00	105,00	21,00
PAM (mmHg)	VMI	10	55,00	92,00	68,50	11,00
	LPVA	10	55,00	103,00	69,80	14,95
	CPAP	10	47,00	99,00	69,80	17,78
PAD (mmHg)	VMI	10	35,00	72,00	52,50	10,92
	LPVA	10	43,00	83,00	57,60	11,64
	CPAP	10	38,00	76,00	57,30	12,99
PVC (cmH ₂ O)	VMI	10	1,00	32,00	13,80	8,10
	LPVA	10	1,00	30,00	15,30	8,19
	CPAP	10	0,00	26,00	12,95	7,27
ExtO ₂ (%)	VMI	10	11,90	33,00	24,67	6,67
	LPVA	10	15,70	43,50	26,78	7,85
	CPAP	10	12,40	32,70	24,59	6,21

FC (Frequência Cardíaca); PAS (Pressão Arterial Sistólica); PAM (Pressão Arterial Média)
PAD (Pressão Arterial Diastólica); PVC (Pressão Venosa Central); ExtO₂ (Extração de O₂)

Tabela 5 – Resultado do teste de Friedman para as variáveis cardiocirculatórias em 10 pacientes pediátricos no pós-operatório de correção de cardiopatia congênita submetidos a três modalidades de ventilação pulmonar mecânica: a ventilação com liberação de pressão de vias aéreas (VLPVA), ventilação mandatória intermitente com pressão expiratória final positiva (VMI+PEEP) e pressão positiva contínua de vias aéreas (CPAP).

Variável	Modo	Soma dos pontos	p
FC (bpm)	VMI	24,0	0,140
	LPVA	20,5	
	CPAP	15,5	
PAS (mmHg)	VMI	22,5	0,147
	LPVA	15,0	
	CPAP	22,5	
PAM (mmHg)	VMI	18,5	0,789
	LPVA	20,0	
	CPAP	21,5	
PAD (mmHg)	VMI	16,5	0,323
	LPVA	20,5	
	CPAP	23,0	
PVC (cmH ₂ O)	VMI	17,5	0,019
	LPVA	27,0	
	CPAP	15,5	
ExtO ₂ (%)	VMI	18,0	0,717
	LPVA	20,5	
	CPAP	21,5	

FC (Frequência Cardíaca); PAS (Pressão Arterial Sistólica); PAM (Pressão Arterial Média)
PAD (Pressão Arterial Diastólica); PVC (Pressão Venosa Central); ExtO₂ (Extração de O₂)

CaO₂) onde o conteúdo arterial de oxigênio é CaO₂ e o conteúdo venoso misto de oxigênio é CvO₂.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

As distribuições dos valores das variáveis aferidas nas três modalidades foram comparadas através do teste não-paramétrico de Friedman. Para as variáveis em que se observou significância estatística entre os modos de ventilação pulmonar mecânica (VPM), foi realizada a análise de comparações múltiplas baseada na soma dos pontos. As distribuições dos valores das variáveis aferidas em duas das modalidades foram comparadas através do teste de Wilcoxon. Um $p > 0,05$ foi considerado significativo.

RESULTADOS

Foram estudados 10 pacientes pediátricos com idade de sete meses a sete anos submetidos à cirurgia cardíaca com etiologias variadas e hipertensão pulmonar.

A Tabela 2 mostra a análise descritiva das va-

riáveis do aparelho de ventilação pulmonar mecânica entre os três modos de ventilação estudados. Estas variáveis, com exceção da PMVA e da PPI não foram avaliadas por serem controladas durante o estudo. Foi observado um aumento significativo da PMVA durante a VLPVA em relação a VMI+PEEP ($p= 0,012$), enquanto que a PPI não mostrou diferença estatística através da aplicação do teste de Wilcoxon (Tabela 3).

As variáveis cardiocirculatórias estão apresentadas nas Tabelas 4 e 5. Através da aplicação do teste de Friedman a PVC mostrou ser maior na VLPVA em relação aos outros dois modos de ventilação ($p=0,019$). As outras variáveis estudadas não apresentaram diferença estatística entre os três modos de ventilação, mostrando que não houve comprometimento hemodinâmico em nenhum destes pacientes durante a realização do estudo. Através da análise das variáveis da gasometria arterial, observamos que não houve alteração da Pressão arterial de oxigênio (PaO₂) e da SataO₂ durante a VLPVA em relação a VMI+PEEP e a CPAP, porém observamos uma ligeira queda da pressão arterial de CO₂ (PaCO₂) com a VLPVA,

Tabela 6 – Dados descritivos das variáveis da gasometria arterial em 10 pacientes pediátricos no pós-operatório de correção de cardiopatia congênita submetidos a três modalidades de ventilação pulmonar mecânica: a ventilação com liberação de pressão de vias aéreas (VLPVA), ventilação mandatória intermitente com pressão expiratória final positiva (VMI+PEEP) e pressão positiva contínua de vias aéreas (CPAP).

Variável	Modo	N	Mínimo	Máximo	Média	DP
pHa	VMI	10	7,27	7,47	7,40	0,06
	LPVA	10	7,32	7,50	7,43	0,05
	CPAP	10	7,32	7,46	7,42	0,04
PaO₂ (mmHg)	VMI	10	77,00	135,10	97,40	18,60
	LPVA	10	71,80	135,40	97,81	20,70
	CPAP	10	69,40	127,80	93,76	20,46
PaCO₂ (mmHg)	VMI	10	32,30	58,30	40,92	9,24
	LPVA	10	29,20	46,50	35,78	5,52
	CPAP	10	29,60	51,10	38,71	6,62
SataO₂ (%)	VMI	10	95,60	98,80	97,11	1,00
	LPVA	10	92,70	99,10	97,04	1,82
	CPAP	10	91,90	98,70	96,64	2,16
	VMI	10	3,70	15,40	7,94	3,51
DPCO₂	LPVA	10	5,10	15,90	9,65	3,57
	CPAP	10	2,30	13,30	8,24	3,61

pHa (pH arterial); PaO₂ (Pressão arterial de O₂); PaCO₂ (Pressão arterial de CO₂); SataO₂ (Saturação arterial de O₂) e DPCO₂ (Diferença artério-venosa de CO₂)

Tabela 7 – Dados descritivos das variáveis respiratórias em 10 pacientes pediátricos no pós-operatório de correção de cardiopatia congênita submetidos a três modalidades de ventilação pulmonar mecânica: a ventilação com liberação de pressão de vias aéreas (VLPVA), ventilação mandatória intermitente com pressão expiratória final positiva (VMI+PEEP) e pressão positiva contínua de vias aéreas (CPAP).

Variável	Modo	N	Mínimo	Máximo	Média	DP
FRCÇA (resp/min)	VMI	10	14,00	53,00	28,70	13,16
	LPVA	10	9,00	41,00	17,90	10,05
	CPAP	10	15,00	44,00	26,70	11,09
VC (ml/Kg)	VMI	10	3,80	11,70	7,66	2,31
	LPVA	10	5,10	24,10	10,96	5,42
	CPAP	10	4,20	9,00	6,64	1,67
VM (1/min)	VMI	10	0,95	2,60	1,71	0,52
	LPVA	10	0,33	3,10	1,62	0,83
	CPAP	10	0,64	2,60	1,67	0,58
FiO₂ (%)	VMI	10	0,25	0,40	0,32	0,06
	LPVA	10	0,25	0,40	0,32	0,06
	CPAP	10	0,25	0,40	0,32	0,06
PaO₂/FiO₂	VMI	10	195,70	454,00	310,44	68,68
	LPVA	10	179,50	541,60	317,58	102,29
	CPAP	10	177,70	350,00	295,41	48,42

FRCÇA (Frequência Respiratória da Criança); VC (Volume Corrente); VM (Volume Minuto); FiO₂ (Fração inspirada de O₂); PaO₂/FiO₂ (Relação Pressão arterial de O₂/ Fração inspirada de O₂)

apesar de não ser estatisticamente significativa (Tabela 6).

Quanto as variáveis respiratórias houve uma diminuição da frequência respiratória dos pacientes quando colocados na VLPVA em relação à VMI+PEEP e a CPAP (p= 0,004). O volume corrente durante a VLPVA mostrou um aumento significativo em relação aos outros dois modos de VPM (p= 0,045). O volume minuto e a relação pressão arterial de oxigênio e fração inspirada de oxigênio (PaO₂/FiO₂) não mostraram diferença estatística (Tabela 7).

Durante o estudo não houve qualquer tipo de complicação quanto à ocorrência de volutrauma e/ou barotrauma.

DISCUSSÃO

A VLPVA é um novo modo de se adequar a ventilação alveolar sem depressão cardiocirculatória ou deterioração da oxigenação conforme experimentos em animais com pulmões normais ou com lesão pulmonar aguda^{20,24} e em pacientes com insuficiência respiratória leve¹⁰.

O sistema de ventilação pulmonar mecânica empregado neste estudo difere dos circuitos utilizados nos experimentos anteriores em animais^{15,20,23} e em

pacientes adultos^{3,7,9,10,18}, pois não necessita de um alto fluxo de gás através do gerador de fluxo. As taxas de fluxo aplicadas neste estudo foram as habitualmente utilizadas na prática clínica, isto é, duas a três vezes o volume minuto da criança. Deste modo, o circuito respiratório foi mantido com um fluxo contínuo permitindo a respiração espontânea do paciente em qualquer fase do ciclo respiratório, possibilitando inclusive a retirada gradual da VPM. O nível de pressão positiva contínua em vias aéreas e o nível de liberação de pressão foram obtidos utilizando-se as válvulas com a configuração padrão do equipamento. Deste modo, é uma técnica simples de suporte ventilatório que não aumentou os custos do aparelho de VPM, diferentemente do método descrito por J.J. Roubey *et al.*, 1992²².

Diversos modelos de estudo^{3,7,9,10,18} já foram empregados para avaliar a aplicabilidade da VLPVA em fornecer um suporte ventilatório para pacientes com insuficiência respiratória de grau leve a grave. O modelo aplicado neste estudo manteve o mesmo gradiente de pressão utilizado durante a VMI+PEEP, quando se empregou a VLPVA, sendo este desenho desfavorável para a avaliação de diversos parâmetros respiratórios e cardiocirculatórios, desde que não utilize uma avaliação clínica e laboratorial para obtenção do

nível de pressão positiva contínua de vias aéreas "ideal", da frequência de liberação de pressão, assim como da fração inspirada de oxigênio (FiO_2). Portanto, esse modelo não permitiu o seguimento clínico e modificações dos parâmetros do aparelho de ventilação pulmonar mecânica, de acordo com as exigências clínicas da criança. Entretanto, apesar de ter sido utilizado um modelo extremo com manutenção da PIP e com aumento da PMVA em relação à VMI+PEEP, houve uma manutenção da oxigenação e da ventilação comparativamente à VMI+PEEP e à CPAP. Observamos um aumento significativo da PMVA na VLPVA em relação à VMI+PEEP devido a manutenção do mesmo gradiente de pressão entre os dois modos de ventilação, associado à inversão da relação inspiração/expiração empregada na VLPVA, determinando um aumento da área abaixo da curva de pressão média de vias aéreas.

Os resultados das comparações múltiplas para as variáveis cardiocirculatórias (FC, PAS, PAM, PAD, ExtO_2 e diferença artério-venosa de CO_2) não revelaram alteração em nível de significância quando se comparou a VLPVA com os outros dois modos de ventilação. Talvez tais resultados estejam relacionados com a complacência tórax-pulmão desta população e com o emprego de níveis muito baixos de PIP, já que a diminuição do retorno venoso sistêmico e a compressão do coração pela insuflação pulmonar são dependentes da pressão transmitida através das vias aéreas, sendo esses os fatores primários para a redução do débito cardíaco durante a ventilação com pressão positiva^{14,16,21}. Deve-se, entretanto, notar que apesar da PMVA apresentar uma diferença significativa na VLPVA em relação à VMI+PEEP, esta não foi um fator determinante capaz de alterar os parâmetros cardiocirculatórios avaliados. Tal fato pode ser explicado pela diminuição da pressão intratorácica durante a VLPVA, assemelhando-se muito as flutuações da pressão intratorácica observadas durante a respiração espontânea com a aplicação da CPAP. Portanto, apesar do aumento da PMVA, a possível diminuição da pressão intratorácica durante a VLPVA pode ter influenciado na manutenção da condição cardiocirculatória. O tempo utilizado de 15 minutos durante o estudo também pode ter contribuído com o não aparecimento de alterações hemodinâmicas.

O valor da PVC apresentou como dado cardiocirculatório isolado um nível de significância ($p=0,019$) comparando-se a VLPVA com as duas outras modalidades de ventilação mecânica. Esse dado também pode ser explicado pelo aumento da pressão negativa intratorácica com

conseqüente aumento do retorno venoso e da PVC⁶.

Devido a maior PMVA, mesmo com a manutenção da PIP, houve um aumento do VC na VLPVA em comparação com a VMI+PEEP e a CPAP com uma diferença estatisticamente significativa. Em adultos, foi observado uma diminuição significativa do VC na VLPVA em relação à VMI+PEEP, com uma PIP menor quando em VLPVA⁵. Em um outro estudo em pacientes adultos com insuficiência respiratória aguda grave comparando a VLPVA com níveis de PIP e PMVA menores, observou-se um menor volume corrente em relação à VMI+PEEP³. Portanto, dependendo do modelo de estudo utilizado para aplicar a VLPVA, esta poderá fornecer uma ventilação com volume corrente, PIP e PMVA menores, diminuindo a possibilidade de barotrauma, volutrauma e lesão pulmonar.

Observamos também uma diminuição estatisticamente significativa da frequência respiratória da criança durante a VLPVA em relação à VMI+PEEP e a CPAP. O aumento da frequência respiratória durante a CPAP pode ser explicado pelo aumento do trabalho respiratório imposto durante a aplicação desta modalidade. A diminuição da frequência respiratória durante a VLPVA pode estar relacionada com o aumento significativo do volume corrente imposto por este modo durante o estudo, pois observamos que o volume minuto nos três modos de ventilação foi semelhante, ou seja, não houve diferença estatística. Por outro lado, podemos também interpretar como um melhor sincronismo com o aparelho de VPM, já que os pacientes podiam respirar espontaneamente nos dois níveis de pressão durante a VLPVA. Os estudos em adultos não demonstraram diferenças estatisticamente significativas com relação à frequência respiratória^{5,18}. Apenas um estudo multicêntrico evidenciou uma diminuição da FR espontânea quando da aplicação da VLPVA, sem que houvesse a ocorrência de hipoventilação¹⁹.

Em relação as outras variáveis respiratórias, não foi observado diferença estatisticamente significativa. Estes resultados são semelhantes aos dados da literatura^{8,25}, mostrando que a VLPVA preencheu totalmente as necessidades de oxigenação e ventilação alveolar. A PaCO_2 , apesar de não ter apresentado diferença estatística, tendeu a ser menor durante a VLPVA, mesmo com a manutenção do volume minuto em relação aos outros dois métodos. Isto pode ser explicado pelo tempo inspiratório mais longo durante a VLPVA, podendo aumentar a distribuição dos gases inspirados promovendo a diminuição da PaCO_2 . Confor-

me o demonstrado em estudos em animais e humanos^{3,5,7,9,10,15,17,18} a VLPVA parece ser mais efetiva em melhorar a ventilação alveolar do que a oxigenação, determinando uma PaCO₂ menor do que na VPM convencional.

As características fisiológicas da VLPVA podem determinar um menor pico de pressão inspiratória, PMVA, do volume pulmonar e da pressão intratorácica quando comparamos esta técnica com outras técnicas de insuflação pulmonar utilizando pressão positiva com o mesmo nível de CPAP. Portanto, a VLPVA apresenta como possíveis vantagens um menor risco de lesão estrutural do pulmão, melhora da relação ventilação/perfusão (V/Q) e diminuição da possibilidade de interferência no sistema cardiovascular¹⁸. Entretanto, o aumento do platô inspiratório e da PMVA com a aplicação da VLPVA poderá aumentar a capacidade residual funcional, estabilizar a parede torácica e homogeneizar a constante de tempo dos vários alvéolos^{2,13}, enquanto que as características da ventilação, fornecendo um fluxo contínuo, poderão permitir uma ventilação espontânea rápida com um aumento muito pequeno do trabalho respiratório¹¹.

A VLPVA surge, então, como um novo método alternativo para o suporte ventilatório de pacientes com pulmão normal e com complacência alterada, acarretando uma menor possibilidade de desenvolvimento de efeitos colaterais relacionados com a pressão positiva, dependendo dos critérios clínicos e fisiológicos empregados para selecionar os parâmetros iniciais (nível de PIP, nível de liberação de pressão, relação inspiratória/expiratória e frequência de ciclagem do aparelho) que em última análise irão determinar uma PMVA menor, igual ou maior do que a utilizada na VPM que emprega os modos de ventilação com pressão positiva convencionais.

Em face da metodologia aplicada no presente estudo, observamos que durante a VLPVA houve um aumento significativo da PMVA com consequente aumento do volume corrente, mantendo as variáveis respiratórias semelhantes aos outros dois modos de VPM (VMI+PEEP e CPAP), sendo, portanto, capaz de manter adequada a ventilação e oxigenação alveolar, sem apresentar comprometimento cardiocirculatório ou qualquer tipo de complicação durante o estudo. Inclusive, houve uma diminuição da frequência respiratória da criança, podendo refletir um maior conforto do paciente. Estes resultados indicam que a VLPVA se trata de um método seguro de fácil aplicação e que não aumenta os custos do aparelho de VPM.

SUMMARY

Airway pressure release ventilation in post operative cardiac surgery in pediatric patients

OBJECTIVE. Comparison of three modes of MV: intermittent mandatory ventilation with positive end expiratory pressure (IMV+PEEP), APRV and continuous positive airway pressure (CPAP) in children during cardiac surgery post operative with pulmonary hypertension and mild or moderate pulmonary lesion.

METHODS. Ten patients were studied with respiratory monitoring (Bear Neonatal Volume Monitor-1®) in MV with a continuous flow, time cycled and pressure limited ventilator. The cardiocirculatory variables analyzed were central venous pressure (CVP), oxygen extraction ratio, cardiac rate, systolic arterial pressure, and arterial-mixed venous CO₂ difference. Friedman's test (non-parametric) was used to compare the variables in three modalities of ventilation and the Wilcoxon test was used for the variables obtained in two of the modalities.

RESULTS. The mean airway pressure (MAP) showed a significant increasing during APRV compared to IMV+PEEP (p=0,012). The positive inspiratory pressure (PIP), the minute volume and the ratio of oxygen arterial pressure to oxygen inspired fraction (PaO₂/FiO₂) didn't show statistical difference. During APRV there was a significant decrease in respiratory rate (p= 0,004) and an increase in tidal volume (p=0,045) when compared to CPAP and IMV+PEEP. In the cardiocirculatory system only CVP showed a significant increased (p=0,019) during APRV.

CONCLUSION. Due to the methodology utilized MAP was higher with APRV resulting in an increased tidal volume without respiratory or cardiocirculatory adverse effects when the three modes were compared. Our results suggest that APRV is a simple and safe method of ventilation. [Rev Ass Med Bras 2000; 46(2): 166-73]

KEYWORDS: mechanical ventilation, artificial respiration, respiratory insufficiency, pediatrics.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bernard G.R.; Artigas A.; Brigham K.L.; Carlet J.; Falke K.; Hudson L.; Lamy M.; Legall J.R.; Morris A.; Spragg R.; and the Consensus Committee: The American-European Consensus Conference on ARDS: Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*, 149: 818, 1994.
2. Boros, S.J.: Variations in inspiratory:expiratory ratio and

- airway pressure wave form during mechanical ventilation: The significance of mean airway pressure. *J Pediatr.*, 94: 114, 1979.
3. Cane R.D.; Peruzzi W.T.; Shapiro B.A.: Airway pressure release ventilation in severe acute respiratory failure. *Chest*, 100 (2): 460, 1991.
 4. Craig D.B.; Wahba W.M.; Don H.F.; Couture J.D.; Becklake R.: "Closing volume" and its relationship to gas exchange in seated and supine positions. *J. Appl. Physiol.*, 31: 717, 1971.
 5. Davis K.; Branson R.D.; Jhonson D.J.; Campbell R.S.; Hurst J.M.: Airway pressure release ventilation (APRV) in patients with adult respiratory distress syndrome (ARDS). *Crit. Care Med.*, 19 (4): S50, 1991.
 6. Downs J.B.; Douglas M.B.; Sanfelippo P.M.: Ventilatory pattern, intrapleural pressure, and cardiac output. *Anesth. Analg.*, 56: 86, 1977.
 7. Falkenhain S.K.; Reilley T.E.; Gregory J.S.: Improvement in cardiac output during airway pressure release ventilation. *Crit. Care Med.*, 20 (9): 1358, 1992.
 8. Fields A.I.: Mechanical ventilation for acute respiratory failure. In: Stidham G.L.; Weigle C.G., ed.: *Pediatric Critical Care Clinical Review series - Part 2*. Anaheim, Critical Care Society, 1993, 45-58.
 9. Florete O.G.; Banner M.J.; Banner T.; Rodriguez J.C.; Kirby R.R.: Airway pressure release ventilation in a patient with acute pulmonary injury. *Chest*, 93 (3): 679, 1989.
 10. Garner W.; Downs J.B.; Stock M.C.; Räsänen J.: Airway pressure release ventilation (APRV): A human trial. *Chest*, 94 (4): 779, 1988.
 11. Gibney R.T.N.; Wilson R.S.; Pontoppidan H.: Comparison of work of breathing on high gas flow and demand valve continuous positive airway pressure systems. *Chest*, 82: 692, 1982.
 12. Gregory G.A.; Kitterman J.A.; Phibbs R.H.; Tooley W.H.; Hamilton W.K.: Treatment of the idiopathic respiratory distress syndrome with continuous positive airway pressure. *N. Engl. J. Med.*, 284: 1333, 1971.
 13. Jarriel S.; Richardson P.; Pace R.: Positive end expiratory pressure (PEEP) reduces ventilation inhomogeneities in hyaline membrane disease in lambs. *Pediatr. Res.*, 25: 314A, 1989.
 14. Marini J.J.; Culver B.H.; Butler J.: Mechanical effect of lung distension with positive pressure on cardiac function. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 124: 382, 1981.
 15. Martin L.D.; Wetzel R.C.; Bilenki A.L.: Airway pressure release ventilation in a neonatal lamb model of acute lung injury. *Crit. Care Med.*, 19 (3): 373, 1991.
 16. Moylan F.M.B.; Walker A.M.; Kramer S.S.: The relationship of bronchopulmonary dysplasia to the occurrence of alveolar rupture during positive pressure ventilation. *Crit. Care Med.*, 6: 140, 1978.
 17. Putensen C.; Putensen G.; León M.: Effect of release time on gas exchange and hemodynamic during airway pressure release ventilation. *Crit. Care Med.*, 21 (4): S140, 1993.
 18. Räsänen J.; Cane R. D.; Downs J.B.; Hurst J.M.; Jousela I.T.; Kirby R.R.; Rogove H.J.; Stock M.C.: Airway pressure release ventilation during acute lung injury: A prospective multicenter trial. *Crit. Care Med.*, 19 (10): 1234, 1991.
 19. Räsänen J.; Cane R. D.; Downs J.B.; Hurst J.M.; Kirby R.R.; Stock M.C.; Väisänen I.T.: Airway pressure release ventilation: A multicenter trial. *Anesthesiology*, 71 (3A): A1078, 1989.
 20. Räsänen J.; Downs J.B.; Stock M.C.: Cardiovascular effects of conventional positive pressure ventilation and airway pressure release ventilation. *Chest*, 93 (5): 911, 1988.
 21. Robotham J.L.; Cherry D.; Mitzner W.: A re-evaluation of the hemodynamic consequences of intermittent positive pressure ventilation. *Crit. Care Med.*, 11: 783, 1983.
 22. Rouby J.J.; Ameer B.; Jawish D.: Continuous positive airway pressure (CPAP) Vs. Intermittent mandatory pressure release ventilation (IMPRV) in patient with acute respiratory failure. *Intens. Care Med.*, 18: 69, 1992.
 23. Stock M.C. & Downs J.B.: Airway pressure release ventilation. A new approach to ventilatory support during acute lung injury. *Resp. Care*, 32 (7): 517, 1987.
 24. Stock M.C.; Downs J.B.; Frolicher D.A.: Airway pressure release ventilation (APRV): A new ventilatory support during acute lung injury (ALI). *Crit. Care Med.*, 13: 366, 1985.
 25. Valentine D.D.; Hammond M.D.; Downs J.B.; Sears N.J.; Sims W.R.: Distribution of ventilation and perfusion with different modes of mechanical ventilation. *Am. Rev. Resp. Dis.*, 143: 162, 1991.
 26. Weber K.T.; Janicki J.S.; Hunter W.C.: The contractile behavior of the heart and its functional coupling to the circulation. *Progr. Cardiovasc. Dis.*, 24: 375, 1982.